

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-193143

(43)Date of publication of application : 03.08.1993

(51)Int.Cl.

B41J 2/135
B05B 1/00

(21)Application number : 03-348000

(71)Applicant : HEWLETT PACKARD CO <HP>

(22)Date of filing : 03.12.1991

(72)Inventor : LAM SI-TY

(30)Priority

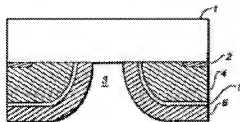
Priority number : 90 621506 Priority date : 03.12.1990 Priority country : US

(54) MANDREL AND ORIFICE PLATE, AND MANUFACTURE OF THE SAME

(57)Abstract:

PURPOSE: To control forming of an inkjet orifice plate and the like at high accuracy and freedom.

CONSTITUTION: An electrically conductive layer 4 is formed on a substrate 1 made of polished glass or the like in the shape of an outer surface of an orifice plate by electro-deposition or the like. A layer 6 is formed on the layer 4. The layer 6 is available for use as an orifice plate, when the layer 6 is torn off from the layer 4 thereafter. To facilitate tearing off of the layer 6, a layer 5 of an oxide or the like is provided on the layer 4.



(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-193143

(43)公開日 平成5年(1993)8月3日

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 4 1 J 2/135				
B 0 5 B 1/00	Z	9012-2C	B 4 1 J 3/ 04	1 0 3 N

審査請求 未請求 請求項の数4(全 8 頁)

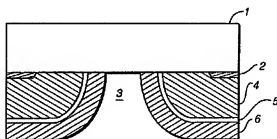
<p>(21)出願番号 特願平3-348000</p> <p>(22)出願日 平成3年(1991)12月3日</p> <p>(31)優先権主張番号 6 2 1, 5 0 6</p> <p>(32)優先日 1990年12月3日</p> <p>(33)優先権主張国 米国(US)</p>	<p>(71)出願人 590000400 ヒューレット・パッカード・カンパニー アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアル ト ハノーバー・ストリート 3000</p> <p>(72)発明者 シィ・ティ・ラム アメリカ合衆国カリフォルニア州サンノ ゼ・フラートン・コート 493</p> <p>(74)代理人 弁理士 長谷川 次男</p>
---	---

(54)【発明の名称】 マンドレル、オリフィス・プレート及びその製造方法

(57)【要約】

【目的】 熱インクジェット・プリントヘッドのオリフィス部分の形状等を高い精度・自由度で制御すること。

【構成】 磨いたガラス等の基板1上に、オリフィス・プレートの外表面の形状に形成された導電体層4を電着等により設ける。この層4の上に層6を形成する。その後、層6を層4からはがすことにより、層6をオリフィス・プレートとして使用することができる。層6をはがしやすくするために、層4の上に酸化物等の層5を設ける。



【特許請求の範囲】

【請求項1】以下のステップ（a）ないし（c）を設け、インクジェット・オリフィス・プレート等の製造用のマンドレルを製造するための方法：

- （a）基板上に導電性層を与える第1のステップ；
- （b）前記導電性層の上に導電性表面のパターンを与える第2のステップ；

（c）前記導電性表面のパターンを表面処理して、当該導電性表面と以後に付与される電気メッキ膜との間の接着度を減少させる。

【請求項2】第1及び第2の対向する表面と複数のノズルとを有する金属板を設け、

前記ノズルの各々前記第1の表面の中に伸びる入口開口及び前記第2の表面の中に伸びる出口開口によって画定され、

前記ノズルの各々は前記入口開口から前記出口開口へ向かって収束する内表面を含み、

前記内表面は前記入口開口と前記出口開口を通る軸に平行にある距離だけ伸び、

前記距離は前記第1の表面と前記第2の表面との間の前記金属板の厚みよりも大きいことを特徴とするオリフィス・プレート。

【請求項3】以下の（a）ないし（c）を設け、インクジェット・オリフィス・プレート等を製造するためのマンドレル：

- （a）基板；
- （b）前記基板上の導電性表面のパターン；
- （c）前記導電性表面のパターン上に形成され、当該導電性表面のパターンと導電性膜の間の接着度を減少させる取り外し手段。

【請求項4】以下の（a）及び（b）のステップを設け、インクジェット・オリフィス・プレートを電鍍する方法：

（a）ニッケル・マンドレルの表面に素材をデポジットする第1のステップ：前記表面はニッケルの酸化物と水酸化物の少なくとも一方の膜をその上に有し、前記ニッケル・マンドレルにデポジットされる素材の接着力を減少させる；

（b）前記デポジットされた素材を前記ニッケル・マンドレルから分離させる第2のステップ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の技術分野】本発明は、一般にインクジェット・プリンタ用ノズル・プレートに関し、さらに詳細にはインクジェット・プリンタ用ノズル・プレートを製造する際に使用するマンドレル(mandrel)に関している。

【0002】

【従来技術及びその問題点】基板と、中間障壁層と、ノズル・オリフィスの配列を含むノズル・プレートを設

け、各ノズル・オリフィスは基板中の気化室と対をなしているプリントヘッドをインクジェット・プリンタ用に設けることが知られている。また、完全なインクジェット・プリントヘッドには、これらの気化キャビティを単一のインク供給リザーバと接続する手段を含む。

【0003】従来の方式では、プリントヘッドの各気化キャビティの中にヒータ抵抗器が電阻されている。一般に、この抵抗器は薄膜型である。ヒータ抵抗器は、選択的活性化のために電気回路網に接続される。さらに具体的に言えば、特定のヒータ抵抗器がパルスを受け取ると、この抵抗器は電気エネルギーを急速に熱に変換して、ヒータ抵抗器のすぐ近くのインク中にインク蒸気気泡を生成させ、この気泡によりエネルギーを与えられたヒータ抵抗器の上のノズル・プレートのオリフィスからインク小滴が噴射される。したがって、インクジェット・プリントヘッドのこれらのヒータ抵抗器にエネルギーを与えるための適切なシーケンスを選択することにより、噴射されたインク小滴で、用紙または他の適切な記録媒体上に模様を描かせることができる。

【0004】従来の方式では、インクジェット・プリントヘッド用ノズル・プレートは、ニッケルで作られ、リソグラフィ電鍍プロセスにより製造される。適切なリソグラフィ電鍍プロセスの一例はUSP 4,773,971に記載されている。このようなプロセスでは、ノズル・プレートのオリフィスは、誘電体の柱状パターンをニッケルにオーバプレートすることにより形成される。インクジェット・プリントヘッド用ノズル・プレートを形成するためのこのような電鍍プロセスには数多くの利点はあるが、幾つかの短所もある。1つの短所は、このプロセスが、応力とメッキ厚さ、柱径及びオーバプレート比などのパラメータの微妙な均衡を要求することである。別の短所は、このような電鍍プロセスでは、ノズル形状及びサイズについての設計上の選択が本質的に制限されることである。

【0005】Hewlett-Packard Journal、1985年5月号、33-37頁に掲載されたGray L.Siewell他著の“The ThinkJet Orifice Plate:A Part With Many Functions”という論文は、入念に制御されたオーバプレートニングによりフロントレジストの柱のまわりにノズルを形成するという、1つの電鍍ステップにより、オリフィス・プレートを作るプロセスが開示されている。もっと具体的に言えば、この論文は、以下のことを開示している：（1）ステンレス鋼マンドレルをバリ取り・抛出し・清掃し、（2）フォトレジスト層をその表面に回転塗布し(spun)て、マニフォルドを設けたい位置に保護領域を形成するためにパターン化し、（3）露出した表面を指定深さまで均一にエッチングし、（4）レジストを除去した後、このマンドレルを再度抛出し及び清掃し、（5）フォトレジストの新しい被覆を回転塗布してパターン化し、障壁及びスタンドオフを画定し、（6）

障壁及びスタンドオフをエッチングする。

【0006】さらに、Siewell 論文は、次のようにしてオリフィス・プレートを作ることができることを開示している。(1)ドライ・フィルム・フォトリソでステンレス鋼マンドレルをラミネートする；(2)オリフィスまたはノズルの所望される箇所に円形パッドまたは柱を残しておくようにリソを現像する；(3)障壁及びスタンドオフを画定するために、ニッケルを用いた電気メッキをマンドレル中にエッチングされた溝の内部を含めて、ステンレス鋼の露出部分に施す；(4)マンドレルからメッキを剥す。メッキされた金属はステンレス鋼上の酸化物表面にほんの弱く固着させているので、電気メッキ膜は容易に除去される；(5)ニッケル箔からフォトリソを剥す。この論文に依れば、レジストがマンドレル上にあった部分には、ニッケル箔に開口がある。さらに、この論文の述べるところによれば、マンドレル上に形成された非常に多くのオリフィス・プレートを一体のものとして除去して、これをこれらのプレートにそれぞれ対になっている薄膜基板のアレイに結合させ、個々のプリントヘッドに分割できるようにするブレーク・タブ(break tabs)を含む、各オリフィス・プレートの縁を画定するために、レジストが用いられる。

【0007】実際、インクジェット・プリントヘッドの性能を決める要因の1つにプリントヘッドのノズル構成がある。インクジェット・プリントヘッド用の高品質ノズル・オリフィス・プレートが作られているが、さらに高い品質の構成への技術上の要求がある。

【0008】

【発明の目的】本発明の目的はより高品質のオリフィス・プレートを作成できるようにすることにある。

【0009】

【発明の概要】一般的に言えば、本発明は、インクジェット・オリフィス・プレートなどを製造するためのマンドレルを形成するプロセスを提供する。望ましい実施例では、このプロセスは、基板上に導電層を与えるステップと、この導電層上に導電表面パターンを与えるステップと、この導電表面のパターンを表面処理して、以後に付与される電気メッキ膜の付着度を減らすステップが含まれる。

【0010】ある特定の実施例では、2番目のステップには、導電層をエッチングしてガラス基板上に導電領域のパターンを形成することを含む。この2番目のステップには、この導電領域上に第2の導電層を電着することを含めることができる。この第2の層は、例えば、ニッケルで形成することができる。

【0011】別の特定の実施例では、2番目のステップ中には、導電層上に、炭化珪素、窒化珪素、酸化珪素などの誘電体または別の適切な誘電体を与えて、導電領域のパターンを定義することを含む。2番目のステップには、導電層上に第2の導電層を電着して導電表面パターン

を形成することも含めることができる。ここでも、第2の層をニッケルにすることができ。

【0012】3番目のステップは、導電表面のパターンを酸化することから構成することが望ましい。例えば、導電表面のパターンを酸素プラズマ・プロセスに暴露したり、またはアルカリ金属の少なくとも1つの水酸化物を含む熱浴に浸すことができる。水酸化物は水酸化カリウムとすることができる。このようにして、酸化物層を導電表面のパターン上に与えたり、酸化物及び水酸化物を含む層を導電表面のパターン上に与えることができる。

【0013】実際には、マンドレルは、基板と、基板上の導電表面パターンと、導電表面パターンに後に与えられる電気メッキ膜の付着度を減らすための導電表面のパターン上の取り外し手段を含む。基板はガラス基板としてよく、導電表面のパターンはニッケル層から成ってよく、取り外し手段には、ニッケル層上のニッケル酸化物とニッケル水酸化物の少なくとも1つの表面層を設けることができる。導電表面のパターンは、基板上の導電体のパターン化された層と、この導電体層上のニッケル電着層により形成することができる。そうする代りに、導電表面のパターンは、基板上の導電体層と、この導電体層上の誘電体パターンと、導電体層の露出部分上の電着ニッケル層により形成することもできる。

【0014】マンドレルは、インクジェット・オリフィス・プレート(ここではノズル・プレートと呼んでいる)を電着するために使用することができる。ノズル・プレートは、ニッケル・マンドレルの表面上に素材をデポジットする第1のステップを含むプロセスにより作ることができる。このプロセスには、デポジットされた素材をニッケル・マンドレルから分離するための第2のステップも含む。ニッケル・マンドレルは、基板上の導電体のパターン化された層と、導電体層上の電着ニッケル層から構成することができる。その代りとして、ニッケル・マンドレルは、基板上の導電体層と、導電体層上の誘電体パターンと、導電体層の露出部分上の電着ニッケル層から構成することもできる。第1のステップでは、デポジットする素材としてニッケルを電着することが望ましい。

【0015】ノズル・プレートは、上述のマンドレルを使って製造することができる。ノズル・プレートは、第1及び第2の向き合う表面を有する金属プレートと、少なくとも1つのノズルを含む。このノズルは、金属プレートの第1の表面にまで延びている入口開口部と、金属プレートの第2表面に延びている出口開口部により画定される。このノズルは入口開口部から出口開口部に収集する内部表面を含み、この内部表面は、入口開口部と出口開口部を通る軸と平行な方向の距離に伸びている。こ

5

の距離は、第1及び第2の表面の間の金属プレートの厚さよりも大きく、それにより三次元ノズル・プレートをもたらし得る。この金属プレートは電着金属層から成ることができ、ノズルの内部表面は電着層の電鍍表面から成ることができる。この金属層はニッケルから成り、ノズルの内部表面は円錐形状の非常に滑らかな先細表面から成ることができる。

【0016】

【実施例】図1〜図5及び図6〜図10は、三次元ノズル・オリフィス・プレートの異なる製造プロセスを示す。特に、これらのプロセスにより、熱インクジェット・プリントヘッドに使用されるオリフィス・プレート製造のために、比較的純粋な金属または合金を電鍍することができる。

【0017】図5及び図10は、三次元形ノズル構成のノズル・プレートを示す。このノズル・プレートを含むインクジェット・プリントヘッドの性能は高品質印字を可能とする。図5及び図10に示すように、ノズルはオリフィス表面から突出している。特に、ノズルの出口開口部は、ノズル・プレートの厚さより大きな距離20は、ノズルの入口開口部から離れている。ノズル・プレートは電着金属層から成り、ノズルの内部表面は電着層の電鍍表面から成ることができる。電着層はニッケルから成り、ノズルの内部表面は円錐形状の非常に滑らかな先細表面から成ることができる。

【0018】このような三次元ノズル・オリフィス・プレート用のマンドレルは、先細オリフィスを有するオリフィス・プレートの製造に適した構成のニッケル薄膜などの薄膜マンドレルであることができる。ニッケル表面は、電鍍表面として働くニッケルまたはステンレス鋼薄膜により被覆することができる。マンドレル表面の他の部分は、フォトレジストまたはメッキ・テープ(plating tape)などの非導電体で被覆することができる。オリフィス・プレートとしての所望の厚さになるまで電鍍プロセスが行われる。電鍍層をマンドレルから分離すると、三次元ノズル・オリフィス・プレートが得られる。

【0019】第1のタイプのマンドレルについてこれから記述する。図1に示すように、磨かれたガラスなどの基板1は導電膜層23で被覆される。導電膜層2は、単一の層でもよいし、あるいは基板1に堅固に結合するクロムの第1層およびクロム層上のステンレス鋼の第2層などの多層とすることもできる。導電膜層2は平面マグネトロン・プロセスなどの真空蒸着プロセスにより生成することができる。導電膜層2はフォトリソグラフィなどの適切なプロセスにより形成される。例えば、フォトレジスト層を導電膜層2の上に設けることができ、フォトリソグラフィをフォトレジスト層の上に置くことができ、フォトリソグラフィを紫外線に曝露することができる。フォトリソグラフィを現像して、フォトレジスト層にフォトマスク・パターンを得ることができ、マスクされていない

6

領域をエッチングして、マンドレル上に電鍍されるノズル・プレートに取り込まれる形状をもつパターン化された導電膜層2をもたらし得る。図1に示すように、パターン化された導電膜層2は、導電層2を貫通して基板1に至る開口部3を含むことができる。

【0020】第1のタイプのマンドレルにより、ノズルの出口開口部を基板1に近接して形成するように、ノズル・プレートを電鍍することができる。図2に示す通り、開口部3が部分的に基板1により画定されるように、導電膜層4が導電膜層2の上にデポジットされる。この層4は、開口部3が基板1の方向に向かって収束するような、導電層2から伸びるニッケルの電着層から成ることが望ましい。この層4は、導電表面のパターン4aを与える。

【0021】取り外し手段5は導電膜層4の上に設けられ、導電表面のパターン4a上に引き続いて形成される電鍍ノズル・プレートの取り外しを容易にする。取り外し手段5は層4上の酸化膜から成ることが望ましい。酸化膜5は導電表面のパターン4aを酸化することにより与えることができる。例えば、酸化膜5を生成するために、酸素プラズマ・プロセスを用いることができる。導電膜層4がニッケルで作られる場合、取り外し手段5は層4上に約10〜100Åの厚さのニッケル酸化物表面から成るようにすることができる。酸化膜5を生成するための別の方法は、アルカリ土類金属の少なくとも1つの水酸化物を含む熱浴に層4を浸すことである。例えば、熱浴としては、水酸化カリウム(KOH)を80℃に加熱して、層4を約2時間浸漬することができる。層4をニッケルで作る場合、KOH浴は、導電表面のパターン4a上に酸化物及び水酸化物を含む層を形成することができる。

【0022】取り外し手段5は、導電表面のパターン4aにその後与えられる電気メッキ膜との付着度を減らす。例えば、図4に示すように、素材6を層4上にデポジットさせて、取り外し手段5により、図1eに示すように、ノズル・プレートの形で素材6を容易に分断することができる。ノズル・プレート6はニッケルの電着層であることが望ましく、入口開口部6aおよび出口開口部6bを含む。

【0023】第2のタイプのマンドレルについてこれから述べる。図6に示すように、磨かれたガラスなどの基板7を導電膜層8で被覆する。導電膜層8は単一の層でもよいし、あるいは基板7に堅固に結合するクロムの第1の層及びクロム層上のステンレス鋼の第2の層などの多層とすることもできる。導電膜層8は平面マグネトロン・プロセスなどの真空蒸着プロセスにより生成することができる。窒化珪素、炭化珪素や他の誘電体の誘電膜層9が導電膜層8の上に与えられる。誘電膜層9はプラズマ強化化学気相デポジション・プロセスなどの適切なプロセスにより生成することができ、フォトリソグ

7

ラフイなどの適切なプロセスによりパターン形成される。例えば、フォトリソ層を誘電体層9の上に設けることができ、フォトリソ層をフォトリソ層の上に置くことができ、フォトリソ層を紫外線に曝露することができる。フォトリソ層を現像してフォトリソ層にフォトリソ・パターンを得ることができ、マスクされていない領域をエッチングして、導電層8上の電気導電領域のパターンを形成することができる。図6に示すように、パターン化された誘電体層9は、導電膜層8の露出部分により囲まれた領域10を形成することができる。

【0024】第2のタイプのマンドレルにより、ノズルの出口開口部を誘電体層9に近接して形成するように、ノズル・プレートで電鋳することができ、従って、ノズルの入口開口部から出口開口部までのノズルの高さを、第1のタイプのマンドレルの上に形成されるノズル・プレートの高さよりも少なくなるように制御することができる。図7に示す通り、領域10が誘電体層9により部分的に囲まれる開口部を形成するように、導電膜層11は導電膜層8の上にデポジットされる。導電膜層11は、開口部10が誘電体層9の方に向かって収束するように導電層8から伸びるニッケルの電着層から成ることが望ましい。導電膜層11は導電表面のパターン11aをもち、

【0025】取り外し手段12を導電膜層11の上に設け、導電表面のパターン11a上に後に形成される電鋳ノズル・プレートの取り外しを容易にする。取り外し手段12は導電膜層11上に酸化膜から成ることが望ましい。この酸化膜12は導電表面のパターン11aを酸化することにより与えることができる。例えば、酸化膜12を生成するために、酸素プラズマ・プロセスを用いることができる。導電膜層11がニッケルで作られる場合、取り外し手段12は、層11上の約10~100Åの厚さのニッケル酸化物表面とすることができる。酸化膜12を生成するための別の方法は、アルカリ土類金属の少なくとも1つの水酸化物を含む熱浴に層11を浸すことである。例えば、この熱浴として、水酸化カリウム(KOH)を80℃に加熱して、層11を約2時間浸漬することができる。層11がニッケルである場合、KOH浴により導電表面のパターン11a上に酸化物及び水酸化物を含む層を形成することができる。

【0026】取り外し手段12は、導電表面のパターン11aに以後に与えられる電気メッキ膜の付着度を減らす。例えば、図9に示すように、素材13を層11上にデポジットして、取り外し手段12により、図10に示すように、ノズル・プレートの形で素材13を容易に分離することができる。ノズル・プレート13はニッケルの電着層であることが望ましく、入口開口部13aおよび出口開口部13bを含み、その間を滑らかな先細表面が伸びている。入口および出口開口部は、ノズル・プレ

8

ートの厚さよりも大きな距離だけ離して置くことができる。実際、この距離は、ノズル・プレート厚さの2倍あるいはそれ以上に大きくすることができる。

【0027】第1及び第2のタイプのマンドレルの利点としては、ノズル開口部径を正確に制御できること、ノズル開口部を形成する内部表面の輪郭を非常に滑らかにできること、及び出口表面から入口表面までの高さを独立して制御できることがある。その結果、ノズル開口部から出るときのインク小滴の経路を制御して、高品質印字を達成することができる。図11~図16に、取り外し手段5、12を有する上述のマンドレルの1つに電鋳されたノズル・プレートの形状を示す。

【0028】先行技術に依れば、ノズルを形成するに当って、ノズルの外側の構成を形成するためには管状電鋳を用い、ノズルの開口部を形成するためにはワイヤを用いて、放電加工を行ってきた。例えば、Hue Leffによる“Air-Assisted Ink Jet with Mesa-Shaped Ink-Drop-Forming Orifice”という名称の、1988年3月にアメリカ合衆国ルイジアナ州ニューオーリンズで開催されたThe 4th International Congress on Advances in Non-Impact Printing Technologiesの論文では、ノズル開口部は、入口開口部から出口開口部に達する先細表面ではなく、円筒形になってしまふ。また、この論文のように作られたものの表面は、表面が粗くなることが予想される。

【0029】図11~図16に示すノズル開口部の内部表面は、Leffの論文に述べられているノズル開口部の内部表面よりも滑らかである。従って、図11~図16のノズル・プレートは、Leffの論文に述べられているような開口部を有するノズル・プレートにより得られるものよりも、インクジェットをずっと正確に制御し、ずっと高品質のプリント結果をもたらす。例えば、図11~図16に示すノズル・プレートにより、高品質プリント・パターンで、図17及び図18に示すような正確に定義されたインク小滴生成を得ることができる。図17および図18を見れば、模様の線に沿って正確に定義された輪郭を有するように、インク小滴を模様においていくことができることが分かる。

【0030】これまでに、本発明の原理、望ましい実施例及び動作態様について述べてきた。しかし、本発明は上述した特定の実施例に限定されたと理解してはならない。従って、これまでに述べた実施例は、限定的ではなく例証的であると見なすべきであり、当業者が、特許請求範囲により定義される本発明の範囲から逸脱することなく、これらの実施例に変更を加えることができることを理解しなければならない。

【0031】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によって高品質のプリント結果をもたらすオリフィス・プレートを得ることができる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】本発明の第1の実施例を説明する図。
 【図2】本発明の第1の実施例を説明する図。
 【図3】本発明の第1の実施例を説明する図。
 【図4】本発明の第1の実施例を説明する図。
 【図5】本発明の第1の実施例を説明する図。
 【図6】本発明の第2の実施例を説明する図。
 【図7】本発明の第2の実施例を説明する図。
 【図8】本発明の第2の実施例を説明する図。
 【図9】本発明の第2の実施例を説明する図。
 【図10】本発明の第2の実施例を説明する図。
 【図11】本発明を用いて作成したノズル・プレートの形状の顕微鏡写真。
 【図12】本発明を用いて作成したノズル・プレートの形状の顕微鏡写真。
 【図13】本発明を用いて作成したノズル・プレートの形状の顕微鏡写真。
 【図14】本発明を用いて作成したノズル・プレートの形状の顕微鏡写真。

10

* 【図15】本発明を用いて作成したノズル・プレートの形状の顕微鏡写真。

【図16】本発明を用いて作成したノズル・プレートの形状の顕微鏡写真。

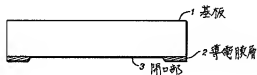
【図17】本発明を用いて作成したノズル・プレートを用いたプリント結果の顕微鏡写真。

【図18】本発明を用いて作成したノズル・プレートを用いたプリント結果の顕微鏡写真。

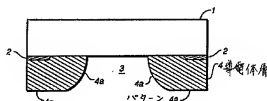
【符号の説明】

- 1, 7: 基板
 2, 8: 導電膜層
 3, 10: 開口部
 4, 11: 導電体層
 4a, 11a: パターン
 5, 12: 取り外し手段
 6, 13: ノズル・プレート
 6a, 13a: 入口開口部
 6b, 13b: 出口開口部

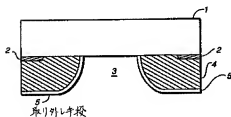
【図1】



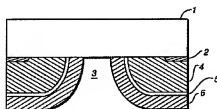
【図2】



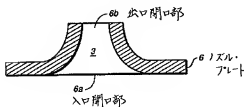
【図3】



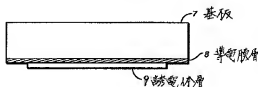
【図4】



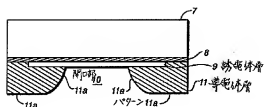
【図5】



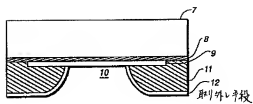
【図6】



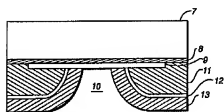
【図7】



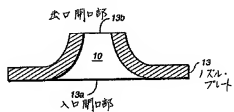
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

断面代用写真



写真

【図12】

断面代用写真



写真

【図13】

断面代用写真



写真

【図14】

断面代用写真



写真

【図15】

断面代用写真



写真

【図16】

断面代用写真



写真

【図17】



写 真

【図18】



写 真